

PAT-NO: JP02000294699A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2000294699 A

TITLE: INSULATIVE HEAT SINK OF
SEMICONDUCTOR DEVICE AND METHOD
OF MANUFACTURING THE SAME

PUBN-DATE: October 20, 2000

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
ITO, TAKEFUMI	N/A
MAEDA, AKIRA	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
MITSUBISHI ELECTRIC CORP	N/A

APPL-NO: JP11101187

APPL-DATE: April 8, 1999

INT-CL (IPC): H01L023/373

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an insulative heat sink of semiconductor device and a method of manufacturing the same in order to obtain a semiconductor device having the improved operation life and heat radiation property for temperature change.

SOLUTION: In an insulative heat sink of semiconductor device and a method of manufacturing the same, the heat sink is formed of a carbon fiber composite Al or carbon fiber composite Al alloy, an insulating plate is formed of Cu layer

or AlN joined with the Al layer and the insulating plate and heat sink are joined with the Sn-Pb based alloy or conductive resin. Moreover, in this manufacturing method, when the insulating plate and heat sink are joined with Sn-Pb based alloy, a tensile force is given in the plate thickness direction before the joining material is solidified. Moreover, the electroless method and electrolytic method are used in combination for the Ni plated layer at the surface of the carbon fiber composite Al or carbon fiber composite Al alloy of the heat sink.

COPYRIGHT: (C)2000, JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-294699
(P2000-294699A)

(43) 公開日 平成12年10月20日 (2000. 10. 20)

(51) IntCl.
H 0 1 L 23/373

識別記号

F I
H 0 1 L 23/36

キーワード (参考)
M 5 F 0 3 6

審査請求 未請求 請求項の数10 OL (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平11-101187

(22) 出願日 平成11年4月8日 (1999. 4. 8)

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 発明者 伊藤 武文

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
菱電機株式会社内

(72) 発明者 前田 晃

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
菱電機株式会社内

(74) 代理人 100065226

弁理士 朝日奈 宗太 (外1名)

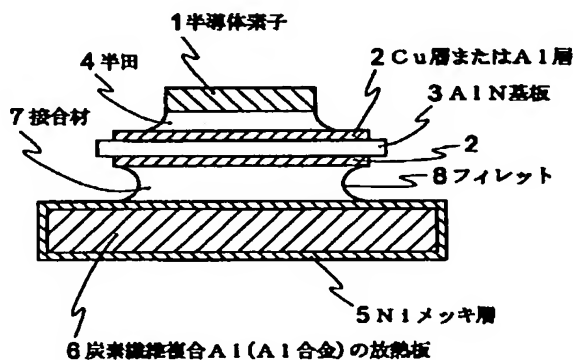
Fターム (参考) 5F036 AA01 BB01 BC22 BD03

(54) 【発明の名称】 半導体装置の絶縁性放熱板およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 温度変化に対する寿命向上と放熱性に優れた半導体装置を得るために、半導体装置の絶縁性放熱板およびその製造方法を提供する。

【解決手段】 この発明に係わる半導体装置の絶縁性放熱板およびその製造方法は、放熱板を炭素繊維複合A1または炭素繊維複合A1合金とし、絶縁板はCu層またはA1層が接合されたA1Nとし、絶縁板と放熱板の接合材はSn-Pb系合金または導電性樹脂とするものである。さらにこの発明の製造方法は、絶縁板と放熱板をSn-Pb系合金で接合する際に、接合材が固化する前に板厚方向に引張力を与える。また放熱板の炭素繊維複合A1または炭素繊維複合A1合金の表面のNiメッキ層は、無電解法と電解法を併用する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体素子、絶縁板および放熱板を固着接合してなる半導体装置において、放熱板に炭素繊維複合A1または炭素繊維複合A1合金を用い、絶縁板にA1Nを用いたことを特徴とする半導体装置の絶縁性放熱板。

【請求項2】 前記絶縁板は、Cu層またはA1層を接合したA1Nであることを特徴とする請求項1記載の半導体装置の絶縁性放熱板。

【請求項3】 前記絶縁板と放熱板の接合材は、樹脂と金属とからなる導電性樹脂またはSn-Pb系合金であることを特徴とする請求項1記載の半導体装置の絶縁性放熱板。

【請求項4】 前記放熱板は、絶縁板に接する面に炭素繊維複合A1または炭素繊維複合A1合金が形成されたことを特徴とする請求項1に記載の半導体装置の絶縁性放熱板。

【請求項5】 前記放熱板は、絶縁板に接する面以外の部分が、A1またはその合金あるいは、Cuまたはその合金であることを特徴とする請求項4記載の半導体装置の絶縁性放熱板。

【請求項6】 前記放熱板は、絶縁板の板厚方向の繊維体積率が傾斜的に変化し、絶縁板と接合する面側から放熱側に向かって繊維体積率が減少するように形成されたことを特徴とする請求項1、4または5記載の半導体装置の絶縁板および放熱板。

【請求項7】 前記絶縁板と放熱板とをSn-Pb系合金で接合し、接合材のフィレットが、括れた形状であることを特徴とする請求項1、3、4、5または6記載の半導体装置の絶縁性放熱板。

【請求項8】 前記炭素繊維複合A1または炭素繊維複合A1合金を用いた放熱板の表面に、無電解法と電解法を併用して形成された、厚さ5~20 μ mのNiメッキ層を設けたことを特徴とする請求項1、4、5または6記載の半導体装置の絶縁性放熱板。

【請求項9】 半導体素子、絶縁板および放熱板を固着接合してなる半導体装置において、放熱板を炭素繊維複合A1または炭素繊維複合A1合金を用いて形成し、絶縁板をA1Nを用いて形成し、前記放熱板と絶縁板をSn-Pb系合金接合材で接合し、該接合時に前記接合材が固化する前に板厚方向に張力を与え、接合材フィレットに括れた形状を形成する半導体装置の絶縁性放熱板の製造方法。

【請求項10】 半導体素子、絶縁板および放熱板を固着接合してなる半導体装置において、放熱板を炭素繊維複合A1または炭素繊維複合A1合金を用いて形成し、絶縁板をA1Nを用いて形成し、前記放熱板の表面にNiの無電界メッキを行ない、次にNiの電解メッキを行なう半導体装置の絶縁性放熱板の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、IGBT、ダイオード等のパワー半導体スイッチング素子を備えた半導体装置に関し、とくに絶縁性放熱板およびその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】図7は刊行物Electronic Packaging Technology, Vo. 17 No. 6, (1991)等に表示される従来の半導体装置の断面図である。図において1は半導体素子、9はCu層、3はCu層2が接合されているセラミックスの絶縁板、4は半田、10はNiメッキ、11は金属からなる放熱板である。

【0003】半導体素子1は、両面にCu層9が接合された絶縁板3の上に搭載され、半田4で固着接合されている。この半導体素子1が搭載された絶縁板3をNiメッキ10が施された放熱板11に搭載して半田4で固着接合されている。通常、放熱板には熱伝導性に優れたCu或いはCuを主成分とする金属が使用されている。また、絶縁板のセラミックスには、Al₂O₃やA1Nが用いられている。

【0004】次に動作について説明する。半導体装置の動作時に半導体素子1から発生する熱は、Cu層9と絶縁板3と半田4を介して放熱板11に熱が伝わり放熱される。また、絶縁板3は半導体素子1と放熱板11を電気的に絶縁する。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】従来の半導体装置は以上のように構成されているので、半導体装置の動作時に半導体素子1から熱が発生し、動作停止に伴って冷却され、熱サイクルを生じる。ところが、絶縁板3のセラミックスの熱膨張係数は5~7 $\times 10^{-6}$ /K、一方、放熱板1のCuの熱膨張係数は17 $\times 10^{-6}$ /Kであるため、熱サイクルが加わった際にCuとセラミックスとの熱膨張差で接合部に熱応力が発生する。この熱応力が接合部に繰り返し負荷されると、半田や接合部の界面に亀裂が発生して、半導体素子から放熱板への放熱性が低下し、最終的には絶縁板と放熱板の剥離や半導体素子が熱的に破壊するという問題点があった。

【0006】この発明は上記の様な問題点を解消するためになされたもので、接合部にかかる熱応力を軽減し、熱サイクルに対する半導体装置の寿命や放熱性を向上させるために、半導体装置の絶縁性放熱板およびその製造方法を得ることを目的としている。

【0007】

【課題を解決するための手段】この発明の第1の構成にかかわる半導体装置の絶縁性放熱板は、半導体素子、絶縁板および放熱板を固着接合してなる半導体装置において、放熱板に炭素繊維複合A1または炭素繊維複合A1合金を用い、絶縁板にA1Nを用いたものである。

【0008】この発明の第2の構成にかかわる半導体装置の絶縁性放熱板は、第1の構成において、前記絶縁板は、Cu層またはAl層を接合したAlNである。

【0009】この発明の第3の構成にかかわる半導体装置の絶縁性放熱板は、第1の構成において、前記絶縁板と放射板の接合材は、樹脂と金属とからなる導電性樹脂またはSn-Pb系合金である。

【0010】この発明の第4の構成にかかわる半導体装置の絶縁性放熱板は、第1の構成において、前記放熱板は、絶縁板に接する面に炭素繊維複合Alまたは炭素繊維複合Al合金が形成されたものである。

【0011】この発明の第5の構成にかかわる半導体装置の絶縁性放熱板は、第4の構成において、前記放熱板は、絶縁板に接する面以外の部分が、Alまたはその合金あるいは、Cuまたはその合金である。

【0012】この発明の第6の構成にかかわる半導体装置の絶縁性放熱板は、第1、4または5の構成において、前記放熱板は、絶縁板の板厚方向の繊維体積率が傾斜的に変化し、絶縁板と接合する面側から放熱側に向かって繊維体積率が減少するように形成されたものである。

【0013】この発明の第7の構成にかかわる半導体装置の絶縁性放熱板は、第1、3、4、5または6の構成において、前記絶縁板と放熱板とをSn-Pb系合金で接合し、接合材のフィレットが、括れた形状であるものである。

【0014】この発明の第8の構成にかかわる半導体装置の絶縁性放熱板は、第1の構成において、前記炭素繊維複合Alまたは炭素繊維複合Al合金を用いた放熱板の表面に、無電解法と電解法を併用して形成された、厚さ5~20μmのNiメッキ層を設けたものである。

【0015】この発明の半導体装置の絶縁性放熱板の第1の製造方法は、半導体素子、絶縁板および放熱板を固着接合してなる半導体装置において、放熱板を炭素繊維複合Alまたは炭素繊維複合Al合金を用いて形成し、絶縁板をAlNを用いて形成し、前記放熱板と絶縁板をSn-Pb系合金接合材で接合し、該接合時に前記接合材が固化する前に板厚方向に張力を与え、接合材フィレットに括れた形状を形成するものである。

【0016】この発明の半導体装置の絶縁性放熱板の第2の製造方法は、半導体素子、絶縁板および放熱板を固着接合してなる半導体装置において、放熱板を炭素繊維複合Alまたは炭素繊維複合Al合金を用いて形成し、絶縁板をAlNを用いて形成し、前記放熱板の表面にNiの無電界メッキを行ない、次にNiの電解メッキを行なうものである。

【0017】

【発明の実施の形態】この発明における半導体装置の放熱板は、絶縁板の熱膨張係数に対し、炭素繊維の種類、繊維体積率(Vf)および繊維配向を適切に選択して熱

膨張係数を制御した炭素繊維複合Alまたは炭素繊維複合Al合金を用いる。また、絶縁板に接する面のみを炭素繊維複合Alまたは炭素繊維複合Al合金とし、それ以外の部分をAlまたはその合金、Cuまたはその合金とする。さらに、板厚方向の繊維体積率を傾斜的に変化させた炭素繊維複合Alまたは炭素繊維複合Al合金とする。これにより、動作時の温度変化で発生する接合部の熱応力を軽減し放熱性を維持する。

【0018】絶縁板と放熱板の接合材は、樹脂と金属とからなる導電性樹脂またはSn-Pb系合金とする。通常の樹脂系接着剤は半田に比べて熱伝導性が著しく劣るため、樹脂と金属とからなる熱伝導性樹脂を用いて、できるだけ熱伝導性を損なわないようにする。さらに軟質なので接合部に発生する応力を緩衝する作用がある。一方、Sn-Pb系合金は軟靱性が大きいので応力を緩衝する作用がある。

【0019】絶縁板はCu層またはAl層を接合したAlNを用いる。これは、半導体素子や放熱板と接合面に変形抵抗(剛性)が小さいCu層またはAl層を設けることで、接合部の熱応力を緩衝する作用がある。また、AlNは半導体素子とほぼ同等の熱膨張係数を持ち、熱伝導性に優れているので、放熱板への熱伝達が容易である。

【0020】炭素繊維複合Alまたは炭素繊維複合Al合金の放熱板の半田付け性と耐食性を確保するためにNiメッキを施したものをを用いる。本発明では、炭素繊維複合Alまたは炭素繊維複合Al合金の放熱板の表面に、無電解法でNiメッキをする第1の工程と、次に電解法でNiメッキを施す第2の工程により5~20μmのNiメッキを形成したものをを用いる。これにより、炭素繊維複合Alまたは炭素繊維複合Al合金とNiメッキの密着性が向上する。

【0021】絶縁板と放熱板をSn-Pb系合金で接合する場合、接合材が固化する前に板厚方向に引張力を与えることで、フィレットの湾曲した頂点が接合部の端部より内側に、且つ厚さに対し一定範囲内に位置する括れた形状とする。これにより接合層端部から発生する亀裂の位置をフィレットの湾曲した頂点から発生できるので、亀裂を接合層内部に伝播させ進行を遅らせることができる。

【0022】以上の放熱板、絶縁板、接合材、Niメッキ、接合部のフィレットを設けることで、温度変化に対する接合寿命や放熱性が優れた半導体装置を得ることができる。

【0023】実施の形態1

以下、この発明の実施の形態について説明する。図1に本発明の実施の形態1の断面図を示す。

【0024】図1において1は半導体素子、2はAlNに直接されたCu層またはAl層、3はAlNの絶縁板、4は半導体素子と絶縁基板を接合する半田、5は炭

炭素繊維複合A1の表面に無電解法と電解法を併用して施されたNiメッキ層、6は炭素繊維複合A1または炭素繊維複合A1合金の放熱板、7は絶縁板と放熱板を接合するSn-Pb系合金又は導電性樹脂からなる接合材、8は接合材7にSn-Pb系合金を用いた場合のフィレットである。なお、図示していないが、2のCu層またはA1層の表面には酸化防止や半田付け性を向上するためにNiメッキが施してある。

【0025】半導体素子1は、両面にCu層またはA1層2が接合されたA1Nの絶縁板3に搭載され、半田4により接合されている。そして、半導体素子1を搭載した絶縁板3は、Niメッキ層5が施された炭素繊維複合A1または炭素繊維複合A1合金の放熱板6に搭載され、Sn-Pb系合金または導電性樹脂7で固着接合されている。Sn-Pb系合金で接合する場合はフィレット8に括れた形状が形成されるようにする。

【0026】実施の形態1は、放熱板に炭素繊維複合A1、絶縁板にCu層またはA1層を接合したA1N基板を用い、Sn-Pb系合金で接合した場合について説明する。

【0027】放熱板は、アスペクト比（繊維長÷繊維直径）が25のピッチ系炭素繊維と純A1を複合化した炭素繊維複合A1で、炭素繊維は二次元ランダムに配向し、繊維体積率は30%に調整した。熱膨張係数は $9 \times 10^{-6}/K$ 、熱伝導率は $120 W/mK$ である。

【0028】上記の炭素繊維複合A1の放熱板の表面には、第1の工程でZn置換法による無電解Niメッキを施し、その上に第2の工程として電解Niメッキを施して厚さ $10 \mu m$ のNiメッキ層を形成させた。図6には炭素繊維複合A1または炭素繊維複合A1合金の表面に、無電解法と電解法を併用してNiメッキを施した断面図を示す。図6において、6は炭素繊維複合A1、14は無電解Niメッキ層、15は電解Niメッキ層である。

【0029】炭素繊維複合A1または炭素繊維複合A1合金に施すNiメッキは、第1の工程としてZn置換法による無電解Niメッキを施す。これにより加工による表面の細かいピットや露出した炭素繊維表面を覆うように無電解Niメッキ層を形成させる。次に第2の工程である電解Niメッキで、第1の工程で覆い切れなかった部分を補うと共に、メッキ表面を平滑にし、半田のぬれ性を向上させる。Niメッキ厚さを $5 \sim 20 \mu m$ にした理由は、 $5 \mu m$ 未満では、炭素繊維複合A1の表面をNiメッキで完全に覆うことができず、メッキ後にシミが発生する。また $20 \mu m$ を超えるメッキはメッキ時間がかかり、またNi浴の劣化も早め不経済であるため上限としている。このメッキを施したものについて、メッキ密着性試験（JIS H 8504）を行った結果、メッキ層の剥離や虧れは見られず良好な密着性が得られた。

【0030】絶縁板は、厚さ $0.6 mm$ のA1N板の表面に厚さ $0.2 mm$ のCu層または $0.4 mm$ のA1層を接合した。また、Cu層の表面には厚さ $5 \mu m$ のNiめっきを施した。

【0031】絶縁板と放熱板の接合材は、Snが27重量%、Pbが70重量%、Sbが3重量%のSn-Pb系合金を用いた。接合層の厚さは $0.1 mm$ とした。

【0032】絶縁板と放熱板の接合は次の工程で行った。放熱板に絶縁板のCu層の面積と同じ面積のSn-Pb系合金のペーストを炭素繊維複合A1の放熱板上に印刷する。続いて、ペーストの印刷面に絶縁板を搭載し、Sn-Pb系合金のペーストが溶融する温度に加熱する。そして、Sn-Pb系合金のペーストが溶融している間に、ボイド抜きスクラップ処理を行い、続いて板厚方向に引張力を与えながら冷却し固着接合する。これによりフィレットの形状が図1のように形成される。

【0033】なお、ペースト印刷面積は、A1Nに接合されたCu層の面積またはA1層の面積と同じか、それよりも若干大きくの方が良い。フィレット湾曲部の頂点の位置は、接合層の厚さ t の中心から $\pm t/3$ の範囲に入るようにする。例えば接合層の厚さ t が $0.1 mm$ の場合は、接合層の厚さの中心位置（ $t/2$ ）から $\pm 0.03 mm$ の範囲とする。

【0034】この範囲を越えると、半田端部から発生した亀裂が接合界面に伝播する確率が高くなり接合寿命を低下するため、接合層の厚さ t の中心から $\pm t/3$ の範囲を定めている。

【0035】以上のように構成された半導体装置の絶縁板および放熱板について、耐熱サイクル性を評価を行うために、 $-55 \sim 125^\circ C$ で保持時間1時間の加熱冷却を繰り返す熱サイクル試験を200回まで実施し、50回毎に接合部の亀裂や剥離の有無を調べた。その結果を表1の実施の形態1（試料No. 1~4）に示す。また、比較例としてNo. 11とNo. 12に、純Cuの放熱板上にCu層またはA1層が接合されたA1Nと接合し、通常のフィレット形状のものを作製し試験した結果を示す。

【0036】その結果、フィレットを通常形状としたもの（No. 1）は、200回で剥離が発生したが、比較例（No. 11、No. 12）に比べて著しく接合寿命は向上しており、炭素繊維複合A1合金の放熱板の効果が大きいことがわかる。また、No. 2~No. 4は、200回でも剥離が見られなかった。これは、炭素繊維複合A1合金放熱板の効果とともに、接合材のフィレット形状の効果を示している。一方、比較例のNo. 11は熱サイクル数が50回で大きな亀裂が確認され剥離した。また、比較例のNo. 12は熱サイクル数が100回で大きな亀裂が確認され、150回で剥離した。以上の結果から、本発明が比較例に比べ優れた接合寿命が得られ、放熱性の劣化を抑制することがわかった。

【0037】なお、実施の形態1の炭素繊維複合A1は短い炭素繊維を2次元ランダムに配向させたものを用いたが、3次元ランダムに配向させたものや、長い炭素繊維を編み目状に2次的に配向させたものとか、3次元に織り込んで配向させたものでもよい。

【0038】実施の形態2

実施の形態2は、絶縁板の接する面のみに炭素繊維複合A1が形成された（部分複合）放熱板で、絶縁板にCu層またはA1層を接合したA1N基板を用い、Sn-Pb系合金で接合した場合について説明する。

【0039】図2に実施の形態2の断面図を示す。図2において、6は絶縁板と接する面を炭素繊維複合A1または炭素繊維複合A1合金とした放熱板、12はA1またはその合金或いはCuまたはその合金である。その他の構成は図1と同様である。

【0040】No. 5は、絶縁板と接合する面のみを炭素繊維複合A1とし、それ以外の部分はA1-Si合金（4032：A1-12重量%Si-1重量%Mg）としたものである。No. 6は絶縁板と接合する面のみを炭素繊維複合A1とし、それ以外の部分を純Cuとしたものである。なお、No. 5、No. 6ともに炭素繊維複合A1はNo. 1と同等のものを用いた。絶縁板は、厚さ0.6mmのA1N板の表面に厚さ0.2mmのCu層を接合したものを用い、Cu層の表面には厚さ5μmのNiめっきを施した。

【0041】絶縁板と放熱板の接合材は、Snが27重量%、Pbが70重量%、Sbが3重量%のSn-Pb系合金を用いた。接合層の厚さは0.1mm、フィレットは本発明形状（実施の形態1と同様の形状）とした。

【0042】この半導体装置の絶縁板と放熱板において、熱サイクル試験を実施し、接合寿命を調べた。実施の形態の試験結果を表1の実施の形態2に示す。比較例のNo. 11、No. 12は150回以下で剥離が発生したが、本実施の形態（No. 5、No. 6）は、200回でも剥離が発生しなかった。また、接する面のみを炭素繊維複合A1で、それ以外の部分を熱伝導率の高いCuまたはその合金或いはA1またはその合金としたことで、放熱性も向上する。なお、図2の断面構成以外にも図3に示す構成であってもよい。

【0043】実施の形態3

実施の形態3は、放熱板に繊維体積率が傾斜的に変化した炭素繊維複合A1、絶縁板にCu層またはA1層を接合したA1N基板を用い、Sn-Pb系合金で接合した場合について説明する。

【0044】図4に実施の形態3の断面図を示す。図4において、13は繊維体積率が傾斜的に変化した炭素繊維複合A1である。その他の構成は図1と同様である。

【0045】実施の形態3で用いた炭素繊維複合A1は板厚方向の繊維体積率を0~40%に傾斜的に変化させたものである。そして、絶縁板と接合する面側から放熱

側に向かって繊維体積率が減少するように配置した。絶縁板は、厚さ0.6mmのA1N板の表面に厚さ0.2mmのCu層または0.4mmのA1層を接合した。また、Cu層の表面には厚さ5μmのNiめっきを施した。絶縁板と放熱板の接合材は、Snが27重量%、Pbが70重量%、Sbが3重量%のSn-Pb系合金を用い、接合層の厚さは0.1mm、フィレットは本発明形状とした。この半導体装置の絶縁板と放熱板において、熱サイクル試験を実施し、接合寿命を調べた。本実施の形態の試験結果を表1の実施の形態3に示す。比較例のNo. 11、No. 12は150回以下で剥離が発生したが、本実施の形態（No. 7、No. 8）は、200回でも剥離が発生しなかった。また、図5のように絶縁板が接する面のみを繊維体積率が傾斜した炭素繊維複合A1とし、それ以外の部分を熱伝導率の高いCuまたはその合金或いはA1またはその合金としてもよい。

【0046】実施の形態4

実施の形態4は、放熱板に炭素繊維複合A1、絶縁板にCu層またはA1層を接合したA1N基板を用い、導電性樹脂で接合した場合について説明する。

【0047】実施の形態4では、絶縁板と放熱板の接合材としてAgが添加されたエポキシ系導電性接着剤を用い、接合層の厚さは0.1mmとした。放熱板は、アスペクト比が25のピッチ系炭素繊維と純A1を複合化した炭素繊維複合A1で、炭素繊維は二次元ランダムに配向し、繊維体積率は30%である。絶縁板はCu層またはA1層が接合されたA1Nを用いた。断面構成は図1と同じである。

【0048】この半導体装置の絶縁板と放熱板において、熱サイクル試験を実施し、接合寿命を調べた。

【0049】表1の実施の形態4（No. 9、No. 10）に試験結果を示す。また、比較例としてNo. 13とNo. 14に純Cuの放熱板上にCu層またはA1層が接合されたA1Nをエポキシ系接着剤で接合試験した結果を示す。

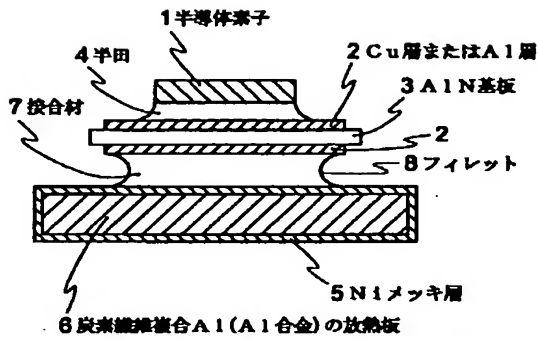
【0050】本発明の実施形態4のNo. 9、No. 10は、200回の熱サイクルを加えても剥離は見られなかった。一方、比較例のNo. 13は熱サイクル数が100回で大きな亀裂が確認され、150回では剥離した。また、比較例のNo. 14は熱サイクル数が150回で大きな亀裂が確認され、200回で剥離した。この結果より、放熱板に炭素繊維複合A1を用いた構造にすれば、接着材にエポキシ系導電性接着材を用いても十分な接合寿命と放熱性が得られることがわかる。

【0051】なお、実施の形態4ではAgが添加された導電性樹脂を用いたが、Au、Cu、Al、Ni、Pt、Cが添加された導電性接着剤であってもよい。

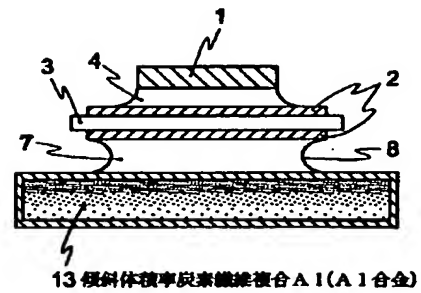
【0052】

【表1】

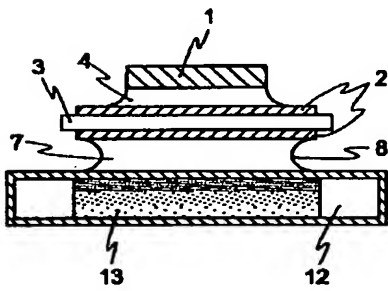
【図1】



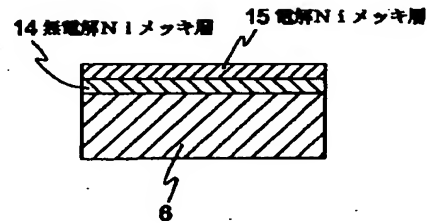
【図4】



【図5】



【図6】



【図7】

